

# ALUMINUM ALLOY FILLER MATERIAL AND ITS PRODUCTION

**Patent number:** JP5169290  
**Publication date:** 1993-07-09  
**Inventor:** YONEZAWA KAZUO; FURUGANE KAZUO; HIRANO MASAKAZU  
**Applicant:** KOBE STEEL LTD  
**Classification:**  
- international: B23K35/28; B23K35/40; C22C21/06  
- european:  
**Application number:** JP19910353687 19911218  
**Priority number(s):** JP19910353687 19911218

**Report a data error here**

## Abstract of JP5169290

**PURPOSE:** To obtain the aluminum alloy filler material which improves the strength of welding joint part while improving the crack resistance against Al-Zn-Mg based aluminum alloy filler material at the same time. **CONSTITUTION:** This filler material contains 1-6% Zn, 3-6% Mg (here,  $Zn \leq Mg$ ), 0.2-0.9% Mn, 0.05-0.5% Cr, 0.05-0.2% Ti, 0.01-0.2% B, and 0.05-0.2% Zr, and balance composed of Al and inevitable impurities. As necessary, further 0.02-1% Al may be incorporated. Such filler material is produced by re-melting an aluminum cast ingot having the above-mentioned chemical composition cast with a conventional method by using the energy beam having the high power density of  $10^4$ - $10^9$  W/mm<sup>2</sup> and the zone melting method that the melting width of one time is made  $\leq 30$  mm, and rapidly solidifying by the solidifying speed of higher than  $1-3 \times 10^2$  deg.C/sec, and Zr may be incorporated more than the quantity the of solid solution.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-169290

(43) 公開日 平成5年(1993)7月9日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 35/28		7362-4E		
35/40	3 3 0	7362-4E		
C 2 2 C 21/06		8928-4K		

審査請求 未請求 請求項の数3(全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平3-353687	(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号
(22) 出願日	平成3年(1991)12月18日	(72) 発明者	米澤和男 神奈川県茅ヶ崎市小和田3-6-2
		(72) 発明者	古金和郎 神奈川県藤沢市宮前字裏河内100-1 株式 会社神戸製鋼所藤沢事業所内
		(72) 発明者	平野正和 栃木県宇都宮市さつき3丁目11-12
		(74) 代理人	弁理士 中村 尚

(54) 【発明の名称】 アルミニウム合金溶加材とその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 Al-Zn-Mg系アルミニウム合金材料に対して、その耐割れ性を改善しつつ溶接継手部の強度向上を兼ね備えたアルミニウム合金溶加材を得る。

【構成】 この溶加材は、Zn:1~6%、Mg:3~6% (但し、Zn≦Mg)、Mn:0.2~0.9%、Cr:0.05~0.5%、Ti:0.05~0.2%、B:0.01~0.2%及びZr:0.05~2%を含有し、残部がAlと不可避免の不純物からなることを特徴としている。必要に応じて、更にAg:0.02~1%を含有させることができる。かかる溶加材は、通常の方法により铸造した上記化学成分を有するアルミニウム合金铸塊を、 $10^4 \sim 10^6$  W/mm<sup>2</sup>と高いパワー密度を有するエネルギービームを用い、かつ1回の溶融幅を30mm以下とするゾーンメルティング法で再溶融し、 $1 \sim 3 \times 10^2$  °C/sec以上の凝固速度で急速凝固させることにより製造され、固溶量以上のZrを含有させることができる。

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で(以下、同じ)、Zn:1~6%、Mg:3~6%(但し、Zn≤Mg)、Mn:0.2~0.9%、Cr:0.05~0.5%、Ti:0.05~0.2%、B:0.01~0.2%及びZr:0.05~2%を含有し、残部がAlと不可避免の不純物からなることを特徴とするAl-Mg-Zn系アルミニウム合金溶加材。

【請求項2】 Zn:1~6%、Mg:3~6%(但し、Zn≤Mg)、Mn:0.2~0.9%、Cr:0.05~0.5%、Ti:0.05~0.2%、B:0.01~0.2%及びZr:0.05~2%を含有し、更にAg:0.02~1%を含有し、残部がAlと不可避免の不純物からなることを特徴とするAl-Mg-Zn系アルミニウム合金溶加材。

【請求項3】 通常の方法により鑄造した請求項1又は2に記載の化学成分を有するアルミニウム合金鑄塊を、 $10^4 \sim 10^6 \text{ W/mm}^2$ と高いパワー密度を有するエネルギービームを用い、かつ1回の溶融幅を30mm以下とするゾーンメルティング法で再溶融し、 $1 \sim 3 \times 10^2 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 以上の凝固速度で急速凝固させることを特徴とするAl-Mg-Zn系アルミニウム合金溶加材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は溶接に用いられるアルミニウム合金溶加材、特にAl-Zn-Mg系合金材料の溶接に用いられる溶加材とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 溶融溶接が可能なAl-Zn-Mg系合金は車両、橋梁や他の構造物に広く用いられている。本系合金は、母材の溶加材で溶接した場合、継手強度は高くなるものの、割れ感受性が高く、溶接割れや応力腐食割れが発生し易い。このため、実施施工では母材と成分の異なるAl-Mg系の5356、5183や5056が溶加材として用いられる。一方、パルス溶接などにより溶湯を攪拌して結晶粒を微細化する方法も用いられているが、実施施工では溶接割れの発生を完全に防止することはできない。また、溶接部と母材の組成が異なるため、母材の強さに比べ溶接継手部の強さが低く、高性能、大型化が阻害されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上述のように、本系合金は強度を高めるためにZn、Mgが含有されているが、高強度化により割れ感受性が高くなり溶接割れや応力腐食割れが発生し易くなるため、従来より、割れ感受性の低いAl-Mg系の5356や5183等が溶加材として用いられているが、その溶接金属部は、時効硬化性が劣ったりするため、溶接後の時効処理での強度の向上は期待できない。そのため、高強度である母材に比べ溶接部の強さが著しく劣るという問題があった。

【0004】 一方、割れ感受性を改善する方法としては、例えば、「軽金属」Vol.19、No.11(196

9)、p.470~480に示すように、Zr、TiやBの微量添加が有効であり、特にZrの添加が最も効果的で、添加量が多い程、効果は顕著であることが知られている。

【0005】 ところで、平衡状態におけるZrの固溶量は最大で0.3%であり、本系合金の割れ感受性を実用上問題のないレベルまで改善するためには固溶量以上のZr添加が必要である。しかし、通常の金型を用いる鑄造法では凝固速度が $10^2 \text{ }^\circ\text{C/sec}$ 以下と遅く、固溶量以上のZrを添加すると、過剰なZrは巨大な晶出物を形成する。その結果、圧延や線引き等の加工性悪化を引き起こすため、実用上、Zrの添加は固溶量範囲内に限定され、本系合金の溶接割れ感受性の改善には限界があった。

【0006】 一方、前述のパルス溶接法などにより溶湯を攪拌して結晶粒を微細化する方法は、市販の溶接機では溶接条件的に微細化効果が少なかったり、装置的に付与設備を必要として大掛かりとなり、実用的ではない。

【0007】 以上のとおり、本系合金の溶加材には、従来より、割れ感受性の低いAl-Mg系の溶加材(例えば、5356や5183等)が使用されているが、強度、耐割れ性の観点で問題が多く、高性能、軽量化の障害となっていることから、高い継手強度を有し、耐割れ性に優れた溶加材に対する強いニーズがある。

【0008】 本発明は、かかるニーズに応えるべくなされたものであって、Al-Zn-Mg系アルミニウム合金材料に対して、その耐割れ性を改善しつつ、溶接継手部の強度向上を兼ね備えたアルミニウム合金溶加材を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 前記課題を解決するため、本発明者は、従来のAl-Zn-Mg系アルミニウム合金溶加材の欠点を改善し得る方策について鋭意研究を重ねた。その結果、Al-Mg-Zn系組成に高含有量のZrを添加し、溶接割れ性を改善しつつ溶接継手部の強度向上を図ること、また、Agを添加することにより耐応力腐食割れ性を改善させること、更には、高含有量のZrを添加させる方法として、通常法で造塊した鑄塊を高エネルギー密度を有するエネルギービームにより再溶融し、急速凝固させることにより、固溶量より多いZrを含有させることができることを見出し、これらの知見に基づいて本発明をなしたものである。

【0010】 すなわち、本発明は、Zn:1~6%、Mg:3~6%(但し、Zn≤Mg)、Mn:0.2~0.9%、Cr:0.05~0.5%、Ti:0.05~0.2%、B:0.01~0.2%及びZr:0.05~2%を含有し、必要に応じて更にAg:0.02~1%を含有し、残部がAlと不可避免の不純物からなることを特徴とするAl-Mg-Zn系アルミニウム合金溶加材を要旨とするものである。

【0011】 また、その製造方法は、通常の方法により

鑄造した上記化学成分を有するアルミニウム合金鋳塊を、 $10^4 \sim 10^5 \text{ W/mm}^2$ と高いパワー密度を有するエネルギービームを用い、かつ1回の溶融幅を30mm以下とするゾーンメルティング法で再溶融し、 $1 \sim 3 \times 10^2 \text{ }^\circ\text{C/sec}$ 以上の凝固速度で急速凝固させることを特徴とするものである。

【0012】以下に本発明を更に詳述する。

【0013】

【作用】

【0014】まず、本発明のアルミニウム合金溶加材に 10  
における化学成分の限定理由について説明する。

【0015】Zn、Mg：ZnとMgは、アルミニウム合金中において $\text{MgZn}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Zn}_3$ などの化合物を生成し、強化元素として作用するが、Znが1%未満、Mgが3%未満ではこの効果がなく、また、Zn、Mgがそれぞれ6%を超えると加工性や応力腐食割れに対する抵抗が劣化するので不適當である。よって、Zn量は1~6%、Mgは3~6%の範囲とする。

【0016】但し、上記範囲において、Zn量は、Mg量と等しいか、又は少ない量とする必要がある。すなわち、ZnはMgと共に強化元素として作用するが、Al-Zn-Mg系の三元合金を共金系の溶加材で溶接すると溶接割れや感受性が高くなるために、Zn量はMg量より多く添加できず、両者の関係は $\text{Zn} \leq \text{Mg}$ とする。 20

【0017】Mn：Mnは、0.2%以上であれば強度及び耐応力腐食割れ性を改善するが、0.9%を越えて含有すると巨大化合物を生成するので好ましくない。よって、Mn量は0.2~0.9%の範囲とする。

【0018】Cr：Crは、結晶粒を微細化し、強度及び耐応力腐食割れ性を改善するが、そのためには0.05 30  
%以上が必要である。しかし、0.5%を超えると機械的性質を劣化させるので不適當である。よって、Cr量は0.05~0.5%の範囲とする。

【0019】Ti、B：Ti及びBは、結晶粒微細化により溶接割れ性を改善するが、Tiが0.05%未満、Bが0.01%未満ではその効果がなく、またTi、Bがそれぞれ0.2%を超えるとAlとの化合物を形成し、靱性を劣化させるという点で不適當である。よって、Ti量は0.05~0.2%、B量は0.01~0.2%の範囲とする。

【0020】Zr：Zrは、Ti及びBと同様に、結晶粒微細化により溶接割れ性を改善するが、0.05%未満では溶接割れ防止効果に乏しい。逆に、2%を超えると加工性、靱性を悪化させるので好ましくない。よって、Zr量は0.05~2%の範囲とする。なお、Zrを固溶量以上に含有させるには、後述の製造方法によると、巨大晶出物の形成並びに加工性悪化を伴うことがない。

【0021】Ag：Agは、応力腐食割れ性を改善し強度を増大させる効果があるので、必要に応じて添加する。しかし、0.02%未満ではその効果が少なく、また 1 50

%を超えると溶接性が劣ったり、また不経済でもあるので好ましくない。よって、Ag量は0.02~1%の範囲とする。

【0022】次に、上述のAl-Mg-Zn系アルミニウム合金溶加材の製造方法について説明する。

【0023】Zrは、消失元素であるため、溶加材に添加する場合は、母材に添加する場合に比べて割れ防止に対する効果は減少する。そのため、割れ性を改善するためには母材に添加するより多くのZr量の添加が必要となるが、平衡状態におけるZrの固溶量は0.3%以下であり、通常の金型を用いる鑄造法では、凝固時の冷却速度が $10^2 \text{ }^\circ\text{C/sec}$ 以下と遅いために、固溶量以上のZr添加では巨大な晶出物を形成し、加工性の悪化を引き起こすため好ましくない。

【0024】そこで、本発明者等はこの改善策について鋭意研究を重ねた。まず、パワー密度が $10^4 \sim 10^5 \text{ W/mm}^2$ と非常に高いエネルギー密度を有するエネルギービームを溶接に応用した場合、ビード幅が非常に狭く、溶込みの深いビードが形成されると共に、凝固時の冷却速度が非常に大きいことに着目した。例えば、パワー密度が $10^3 \text{ W/mm}^2$ 以下の場合は凝固時の冷却速度が $1 \sim 3 \times 10^2 \text{ }^\circ\text{C/sec}$ 以下となるが、パワー密度が $10^4 \text{ W/mm}^2$ 以上の場合は、 $3 \times 10^2 \text{ }^\circ\text{C/sec}$ 以上の冷却速度が得られる。

【0025】この原理を、固溶量以上のZrを含有させたアルミニウム合金を通常の金型(冷却速度は $10^2 \text{ }^\circ\text{C/sec}$ 以下)を用いて鑄造した鋳塊の再溶解に適用したところ、巨大な晶出物を形成することなく、また加工性の悪化を引き起こすことなく、固溶量以上の高Zrを含有させられることが判明した。

【0026】その際、肉厚方向に完全に再溶融させるために、例えば、後述の表2に示す条件を用い、適当なリメルトピッチで、1回の溶融幅が30mm以下でゾーンメルティングすることにより、鋳塊の冷却速度は $3 \times 10^2 \text{ }^\circ\text{C/sec}$ 以上となり、急速凝固が可能となる。

【0027】このような高いエネルギー密度を有するエネルギービームとしては、電子ビームやレーザが挙げられる。熱源を連続的でなくパワー密度を集約(高く)し周期的に照射する方法では $10^5 \text{ W/mm}^2$ 以上のパワー密度を得ることは可能であるが、本方法のように連続的に熱源を照射する方法では、現在の設備では能力的に不可能である。よって、パワー密度の上限は $10^5 \text{ W/mm}^2$ とする。

【0028】なお、現状では、設備の能力的にゾーンメルティング法以外の方法では凝固時の冷却速度が遅く不可能である。また、本法以外に急速凝固させる方法には連続鑄造法があるが、現状の技術ではゾーンメルティング法に相当する冷却速度が得られない。

【0029】本溶加材を用いる母材としては、Al-Zn-Mg系3元アルミニウム合金が最も好ましく、その成

分組成、並びに溶接法は特に制限はない。  
 【0030】次に本発明の実施例を示す。  
 【0031】

\*【実施例】  
 【表1】

\*

アルミニウム合金溶加材の化学成分 (wt%)												
No.	備考											
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	B	Zr	Ag	Al
1	0.1	0.1	0.01	0.2	3.5	0.2	1.5	0.1	0.05	0.3	—	残
2	0.1	0.1	0.01	0.2	4.5	0.2	2.0	0.1	0.05	0.5	—	残
3	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	2.5	0.2	0.10	0.8	—	残
4	0.1	0.1	0.01	0.4	4.0	0.2	4.0	0.2	0.10	1.0	—	残
5	0.1	0.1	0.01	0.4	4.0	0.3	4.0	0.2	0.10	1.5	—	残
6	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	2.0	0.1	0.05	0.5	0.2	残
7	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	2.0	0.1	0.05	0.5	0.6	残
8	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	0.5	0.1	0.05	0.5	—	残
9	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	7.0	0.1	0.05	0.5	—	残
10	0.1	0.1	0.01	0.2	1.5	0.2	2.0	0.1	0.05	0.3	—	残
11	0.1	0.1	0.01	0.2	7.0	0.2	2.0	0.1	0.05	0.3	—	残
12	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	2.0	0.1	0.05	0.01	—	残
13	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	2.0	0.1	0.05	2.5	—	残
14	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	1.0	0.01	0.01	0.1	—	残
15	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.2	1.0	0.22	0.22	0.5	—	残
16	0.1	0.1	0.01	0.1	5.0	0.2	1.0	0.1	0.05	0.3	—	残
17	0.1	0.1	0.01	1.0	5.0	0.2	1.0	0.1	0.05	0.5	—	残
18	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.02	2.0	0.1	0.05	0.5	—	残
19	0.1	0.1	0.01	0.2	5.0	0.7	2.0	0.1	0.05	0.5	—	残
20	0.1	0.1	0.01	0.1	5.0	—	—	0.1	—	—	—	残
比 較 例												従来合金

に示す化学成分を有するアルミニウム合金のうち、No. 50 1～No. 19のアルミニウム合金を通常法で鋳造し、得

られた鋳塊(板厚50mm)を、電子ビームを用い、

\* \* 【表2】

溶 接 条 件			
条 件 因 子		条 件	備 考
加 速 電 圧 (KV)		110	リメルトピッチは 15m。
ビーム電流 (mA)		50~90	
溶 接 速 度 (mm/s)		7	
ワークディスタンス (mm)		700	
レ ン ズ 電 流 (A)		2.4	
オシレー ション	パターン	~C	
	振 幅 (mm)	5	
	周波数 (Hz)	110	

に示す条件で、リメルトピッチ15mmで、1回の溶融幅が15~30mmとなる条件で、両面から板厚方向に完全に溶融するように鋳塊の幅、及び長さ方向に再溶融凝固させた後、圧延、線引きにより、線径3.2mmの溶接棒を製作し、TIG溶接に供した。

※【0032】表1のNo.1~No.7が本発明例である。比較のため、従来合金の5356(表1中のNo.20)も用いた。母材には代表的なAl-Zn-Mg系合金であるA7N01-T6を用いた。

※ 【表3】

No.	試 験 結 果					備 考
	溶接割れ 感受性	継手強度	応力腐食 割れ性	加工性	判定	
1	◎	◎	○	○	◎	本発明例
2	◎	◎	○	○	◎	
3	◎	◎	○	○	◎	
4	◎	◎	○	○	◎	
5	◎	◎	○	○	◎	
6	◎	◎	◎	○	◎	
7	◎	◎	◎	○	◎	
8	◎	△	△	×	×	比較例
9	◎	◎	△	×	×	
10	◎	×	○	△	×	
11	◎	◎	×	×	×	
12	×	○	×	△	×	
13	◎	○	×	×	×	
14	×	△	×	△	×	
15	◎	×	×	×	×	
16	◎	×	×	△	×	
17	◎	△	×	×	×	
18	◎	○	×	×	×	
19	◎	○	×	×	×	従来合金

に溶接試験結果を示す。

【0033】なお、溶接割れ感受性は、板厚2mmのフィッシュボーン型試験法を用い、AC・TIG法で試験を

行い、割れ率(%)=(割れ長さ/溶接全長)×100を求めて評価した。継手強度については、板厚6mmのV開先(開先角度は90°)を片面2パスで仕上げ、室温で1ヶ

月の常温時効処理を実施した後、余盛を削除して強度試験を行った。応力腐食割れ性は、3点支持法により15 kg/mm<sup>2</sup>の応力を加え、100℃で3g/lのNaClと36g/lのCrO<sub>3</sub>と30g/lのK<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>との混合水溶液に浸漬し、割れを観察して評価した。また、加工性は、溶接棒製作工程における圧延加工時の耳割れの有無\*

\*により判定した。評価は、従来合金の5356との対比で行い、◎(特に優れている)、○(優れている)、△(同等)、×(劣る)の4段階で評価した。

【0034】また、  
【表4】

Zr量 (wt%)	加工性	
	再溶融法	通常造塊法
0.1	○	○
0.2	○	○
0.3	○	×
0.4	○	×
0.5	○	×
0.8	○	—
1.0	○	×
1.5	○	—
2.0	○	—
2.5	×	—
3.0	×	—

に圧延加工におけるインゴットの種類についての試験結果を示す。判定は、圧延加工における割れの有無により判定し、1個の割れの長さが10mm以下を○、10mm以上を×とした。

【0035】表3より、以下のように考察される。

【0036】本発明例のNo. 1～No. 7は、いずれも、継手強度が高く、耐割れ性、加工性が優れている。

【0037】一方、比較例No. 8はZn量が少なく、継手強度が現状と同等で改善効果が認められない。また、No. 9はZn量が多く、継手強度は改善されるが、加工性が悪化している。

【0038】No. 10はMg量が少なく、継手強度の改善が認められない。No. 11はMg量が多く、割れ感受性及び継手強度の改善は認められるものの、加工性が悪化している。

【0039】No. 12は、継手強度の改善効果は認められるものの、Zr量が少ないために割れ感受性の改善が認められない。No. 13は、逆にZr量が多いために割れ感受性及び継手強度の改善効果は認められるものの、加工性の悪化を引き起こすので好ましくない。

【0040】No. 14は、Ti、B量が少なく割れ感受性の改善効果が少ない。No. 15は逆にTi、B量が多く、継手強度の改善効果が認められない。

【0041】No. 16はMn量が少なく継手強度の改善効果が少ない。No. 17は逆にMn量が多く加工性の悪化を引き起こすので好ましくない。

【0042】No. 18はCr量が少なく耐割れ性の改善が認められず、効果が少ない。また、従来合金のNo. 19は、Cr量が多く加工性が悪化している。

【0043】また、加工におけるインゴットの影響については、表4に示すように、通常法に比べ、本発明法(再溶融法)が圧延加工時における耳割れの発生も少なく、優れていることがわかる。

【0044】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の溶加材によれば、Al-Zn-Mg系アルミニウム合金の溶接に適し、耐割れ性を改善し、更に高い継手強度が得られる。また加工性も優れているので、その工業上の効果は顕著である。